

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

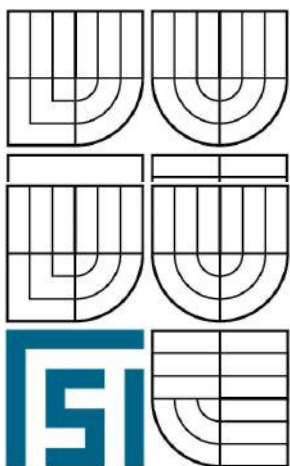
Moderní metody zvyšování výkonu pístových spalovacích motorů

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VERTAĽ PETER

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

Moderní metody zvyšování výkonu pístových spalovacích motorů

Present-day Methods for Piston Engines Power-increase

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VERTAL PETER

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Radim DUNDÁLEK, Ph.D

BRNO 2008

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav dopravní techniky
Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student: Vertař Peter

který studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Moderní metody zvyšování výkonu pístových spalovacích motorů

anglickém jazyce:

Present-day Methods for Piston Engines Power-increase

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Tato bakalářská práce se zabývá rozбором shrnující přehled současného stavu moderních spalovacích motorů, které jsou přeplňovány turbodmychadly, kompresory anebo jinými používanými způsoby, které vedou svým účinkem ke zvyšování výkonu motoru.

Cíle bakalářské práce:

Součástí práce je i popis jednotlivých konstrukčních řešení daných přeplňovacích prvků a na ně navazující součásti .

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Radim DUNDÁLEK, Ph.D.

V Brně, dne 23.5.2008

... ..
prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
Ředitel ústavu

... ..
doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že tato bakalářská práce je mým původním dílem, kterou jsem vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce pana Ing. Radima DUNDÁLKA, Ph.D a s použitím uvedené literatury.

V Brně dne 23.5.2008
Vertal' Peter

.....

Poděkování

Za účinnou podporu a obětavou pomoc, cenné připomínky a rady při zpracování bakalářské práce tímto děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Radimu DUNDÁLKOVÍ, Ph.D.

Velmi bych chtěl také poděkovat svým rodičům za neustálou podporou, pomoc a cenné rady během studia na vysoké škole.

Anotace

Peter Vertal'

Moderní metody zvyšování výkonu pístových spalovacích motorů

Tato bakalářská práce se zabývá rozbořem shrnující přehled současného stavu moderních spalovacích motorů, které jsou přeplňovány turbodmychadly, kompresory anebo jinými používanými způsoby, které vedu svým účinkem ke zvyšování výkonu motoru. Součástí práce je i popis jednotlivých konstrukčních řešení daných přeplňovacími prvky a na ně navazující součásti. Rozbor bude dále zahrnovat základní technické parametry a popisy daných řešení, z kterých bude plynout jejich princip funkčnosti.

Klíčová slova: přeplňování, spalovací motor, turbodmychadlo, kompresor, variabilní geometrie, plnicí tlak, teplota nasávaného vzduchu, otáčky motoru, výfukové a sací potrubí, chlazení stlačovaného vzduchu

Annotation

Vertal' Peter

Present-day Methods for Piston Engines Power-increase

This baccalaureate work deal with analysis summary survey contemporary state modern spirit combustion motor that are supercharged turbo blower , compressors or by other used manners which lead its by effect to escalation achievement motor. Part of work is also description single constructional solving given to supercharged element and on no coherent transport systems single parts . Analysis will further include basic engineering characteristic and descriptions given to from which will flux their principle functionality.

Key words: supercharging, gas - engine, turbo blower, compressor, variable steering-swivel geometry, observant pressure, manifold air temperature, engine revs, non - condensing and sucker, cooling compact air

Obsah

1.Úvod	10
2. Základní pojmy	10
2.1. Spalovací motor	10
2.2. Rozdělení spalovacích motorů	10
2.3. Vznětový motor	11
2.4. Zážehový motor	11
2.5. Přepřňování	12
3. Přepřňování	13
3.1. Druhy přepřňování	13
3.1.1. Přepřňování turbodmychadlem	13
3.1.1.1. Princip turbodmychadla	13
3.1.1.2. Konstrukce	14
3.1.1.3. Spolehlivost	15
3.1.1.4. Prodleva	16
3.1.2. Kompresory s mechanickým pohonem	16
3.1.2.1. Provedení mechanicky poháněných dmychadel	17
3.1.3. Inerční přepřňování	19
3.1.3.1. Koumpoudní přepřňování	19
3.1.3.2. Přepřňování tlakovými vlnami	20

3.2. Regulace a chlazení stlačeného vzduchu	21
3.2.1. Regulace stlačeného vzduchu	21
3.2.2. Chlazení stlačeného vzduchu	22
4. Závěr	24
5. Seznam použité literatury	25

1. Úvod

Účelem přeplňování spalovacích motorů je zvýšení množství vzduchu a tím i dodávky paliva do spalovacího prostoru za jednotku času. Výsledkem je vyšší točivý moment a výkon u objemově srovnatelných motorů, resp. dosažení obdobných parametrů výkonu a točivého momentu z menšího zdvihového objemu. Současně tedy klesá měrná spotřeba (udává množství spotřebovaného paliva v g/kWh) i výkonná hmotnost (vyjadřuje poměr hmotnosti motoru k nejvyššímu výkonu motoru). Uvedené vlastnosti tedy dovolují stavbu objemově malého motoru, který má výkonné parametry podstatně většího motoru při dosažení nízké spotřeby. Tajemství úspěchu je založeno na vhodném naladění systému přeplňování a samotného motoru.

2. Základní pojmy

2.1. Spalovací motor

Spalovací motor je stroj, který vnitřním spalováním, nebo vnějším spálením paliva přeměňuje jeho chemickou energii na mechanickou práci působením na píst, lopatky turbína, nebo využitím reakční síly. Jeho účinnost je výrazně menší než u motoru elektrického. Odpadní teplo tvoří cca 80% vložené energie. Spalovací motor je tak nevhodný pro trakční provoz a je nahrazován elektromobily.

2.2. Rozdělení spalovacích motorů

- Motory s vnějším spalováním :
 - Stirlingův motor
 - parní stroj
- Motory s vnitřním spalováním :
 - přímočarý vratný pohyb pístu
 - čtyřdobý spalovací motor
 - dvoudobý spalovací motor
- Rotační pohyb pístu :
 - Wankelův motor

- Reakční motory:
 - spalovací turbína
 - pulsní motor
 - raketový motor

2.3. Vznětový motor

Vznětový motor, běžně nesprávně nazývaný diesellový motor, nebo též dieselův motor či zkráceně jen diesel. Vynálezcem byl Rudolf Diesel a zdokonalil jej Charles F. Kettering. Vznětový motor pracuje obvykle jako čtyřdobý spalovací motor. Na rozdíl od zážehových motorů je do něj palivo dopravováno odděleně od vzduchu. Palivo je do spalovacího prostoru motoru dopravováno speciálním vysokotlakovým čerpadlem a vysokotlakovým potrubím. Do spalovacího prostoru se nejprve nasává vzduch. Po uzavření sacího ventilu se nasátý vzduch stlačuje a jeho teplota roste na více než 500 °C (při kompresním poměru okolo 1:20). Těsně před horní úvratí vstříkne tryska do válce přesnou dávku jemně rozprášeného paliva (nafta). Palivo začne hořet samovznícením, ve vzduchu ohřátém kompresí. Ve fázi expanze je pak vzniklé teplo převedeno na mechanickou práci. V poslední fázi se otevírá výfukový ventil a spaliny jsou vytlačeny do výfuku. Vznětové motory jsou často vybavovány mechanickým kompresorem nebo turbodmychadlem. Turbodmychadlo pracuje uspokojivě jen ve vyšších otáčkách, kdy je rychlost spalin dost vysoká. Kompresor má stejný efekt jako turbodmychadlo, ale funguje i v nízkých otáčkách. V současné době se pro diesellové motory používá turbodmychadlo. Zajímavé je i použití vysokotlakového vstříkovacího systému Common rail. Vznětové motory pohánějí lodě, lokomotivy, nákladní automobily, ale i část osobních automobilů. Stacionární vznětové motory se využívají i pro pohon strojů, které nemají pevný přívod elektrického proudu, případně jako pohon elektrických generátorů (dieselagregáty).

2.4. Zážehový motor

Většina současných i minulých automobilů používá klasický čtyřdobý zážehový motor, vyvinutý v devatenáctém století. Palivem bývá většinou benzín, ale tyto motory mohou po úpravě spalovat také alkohol nebo plyn (LPG, CNG). Zápalná směs se dříve

připravovala v karburátorech, novější motory používají vstřikování paliva. Vstřikování může být nepřímé (do sacího potrubí), nebo přímé (rovnou do válce). Motor používá pro otvírání a zavírání sacího a výfukového kanálu ventily, ovládané vačkovými hřídeli. Existovaly také motory se šoupátkovým rozvodem (např. systém Knight).

2.5. Přepřňování

Přepřňování nabízí řešení jedné zásadní nevýhody spalovacího motoru. Tou jsou nízké hodnoty točivého momentu při nízkých - a v praxi nejčastěji používaných - otáčkách motoru. Proto se nejvyšší účinek přepřňování umísřuje zpravidla do nízkých otáček, aby byla tato nevýhoda odstraněna nebo alespoň omezena. Zvýšení plnicích tlaků znamená také vyšší maximální tlaky ve spalovacím prostoru a tedy i větší zatřžení pro klikový hřidel a jeho ložiska nebo samotný píst. Limitem stlačení směsi ve válci (tj. kompresního poměru) je také klepání motoru nebo samozápaly. I tyto problémy však mají řešení. Optimální využití oktanového potenciálu paliva dnes řeší řídící jednotka, například řízením předstihu zážehu motoru, který bývá podstatně zmenšen proti atmosférickým motorům. V neposlední řadě dělají inženýrům starosti vysoké teploty výfukových plynů na výstupu z motoru (při maximálních zatřženích se aplikuje bohatá směs, která výfukové plyny ochlazuje). Omezení teplot musí být provedeno s ohledem na životnost turbíny (u přepřňování turbodmychadlem) i správnou funkci katalyzátoru. I na druhé straně motoru - v sání – jde o teploty. Cílem je dostat do válce maximum vzduchu, jehož hustota se zvyšuje s klesající teplotou. Proto je dmychadlem stlačený (a tím i zahřátý) vzduch ještě před vstupem do válce ochlazen v mezichladiči. Teplota stlačeného vzduchu na výstupu z mezichladiče dosahuje přibližně teploty kolem 50°C. Všem způsobům přepřňování je společné to, že je potřeba omezovat velikost plnicího tlaku s rostoucími otáčkami motoru. Jak bylo již výše uvedeno, maximální účinek přepřňování bychom rádi využili v nízkých otáčkách. Při tomto dimenzování dmychadla by další zvyšování otáček motoru znamenalo vyšší otáčky dmychadla a tedy i vyšší plnicí tlaky, které by nadměrně zatěžovaly celý motor a jeho životnost by se tedy velmi snížila. Proto se do systému přepřňování řadí obtokový ventil (kapitola 3.2.1.), nebo proměnná geometrie lopatek turbíny (kapitola 3.1.1.2.), případně jejich kombinace. Obtokový ventil je při nízkých otáčkách zcela uzavřen a se zvyšujícími se otáčkami se postupně otevírá a odvádí tak část hmotnostního toku výfukových plynů obtokovým kanálem mimo lopatky turbíny. Výhradně pneumatická regulace obtokového

ventilu (otevírání v závislosti na tlaku v sacím potrubí) je nahrazována elektronickou regulací.

3. Přepřňování

3.1. Druhy přepřňování

- Turbodmychadlem
- Kompresory s mechanickým pohonem
- Inerční zařízení (využívají dynamických jevů v sání a výfuku)
- Náporové (motor plní sám v závislosti na rychlosti)
- Kombinovaná zařízení

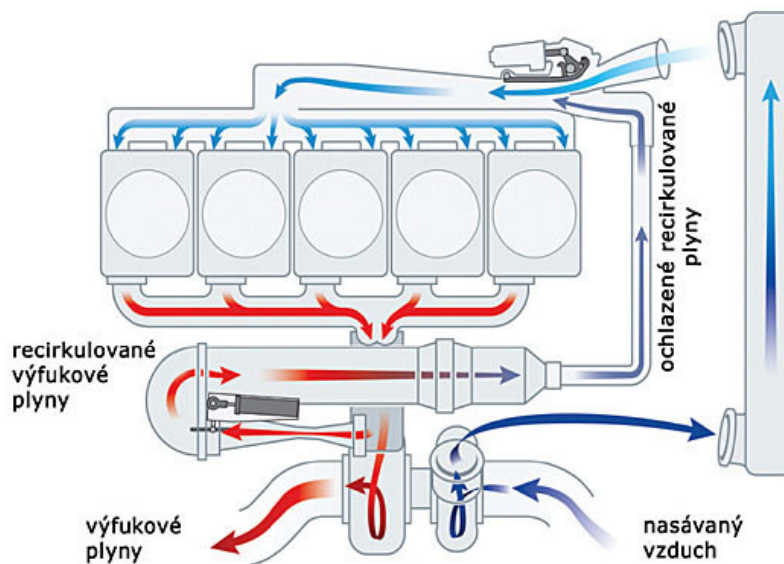
3.1.1. Přepřňování turbodmychadlem

Turbodmychadlo je zařízení používané ve Spalovacím motoru pro zvýšení celkového výkonu motoru za pomoci většího množství vzduchu a paliva vstupujícího do motoru. Hlavní výhodou turbodmychadel je významný nárůst výkonu motoru spojený s pouze malým zvětšením hmotnosti. Nevýhodou je u benzínových motorů nutnost snížit kompresní poměr, což nepříznivě ovlivňuje účinnost motoru v nízkých otáčkách. Dieselový motor s turbodmychadlem tímto problémem netrpí. Pro oba typy motorů ale turbodmychadlo představuje velkou výhodu ve větších nadmořských výškách, kde je nižší tlak vzduchu, což byl také hlavní důvod vývoje tohoto zařízení původně pro letecké motory.

3.1.1.1. Princip turbodmychadla

Turbodmychadlo je kompresor poháněný výfukovými plyny. Skládá se ze dvou hlavních částí – dmychadlové a turbínové. Dmychadlo stlačuje vzduch vstupující do motoru a výrazně tak zvyšuje jeho objemovou účinnost oproti klasickému nepřepřňovanému motoru. Turbína pohánějící dmychadlo je roztáčena výfukovými plyny vystupujícími z motoru a je umístěna na stejné hřídeli. Pojem kompresor se často používá pro označení mechanicky poháněného kompresoru (většinou pomocí řemene), zatímco turbodmychadlo je poháněno

výfukovými plyny. Mechanicky poháněný kompresor používají např. automobilky Jaguar, BMW, Saab nebo Mercedes-Benz. Turbodmychadlo zvyšuje tlak vzduchu vstupujícího do motoru a tím i jeho měrnou hmotnost. Je tedy možné do motoru pustit při stejných otáčkách a objemu více směsi paliva a vzduchu (pro zachování stejného poměru je třeba zvýšit množství paliva). To je hlavní příčinou výrazného nárůstu výkonu motoru. Nárůst tlaku (angl. boost) se měří v Pascalech, barech nebo PSI. Energie uvolněná z paliva navíc vede k většímu celkovému výkonu motoru. Například při teoretické účinnosti 100 % by turbodmychadlo



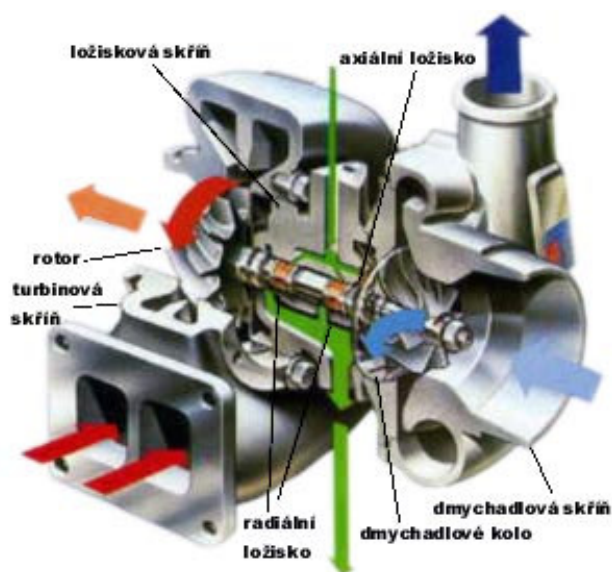
obr. 1

produkující nárůst tlaku 100 kPa (= 1 bar nebo 14,7 PSI) zdvojnásobilo výkon motoru. Turbína ve výfukovém systému ale představuje překážku a kvůli vznikajícím zpětným tlakům tak turbodmychadla většinou dosahují účinnosti kolem 80 %. V automobilovém průmyslu se většinou používají turbodmychadla zvyšující tlak maximálně o 0,8 barů, i když jsou dosažitelné i vyšší tlaky. Typické turbodmychadlo vzhledem ke své konstrukci začne zvyšovat tlak teprve od 2500 otáček motoru za minutu (1800 u turbodieselových motorů). Mechanicky poháněný kompresor tento problém nemá. Hlavní nevýhodou velkých plnicích tlaků je, že při stlačování vzduchu dochází k jeho zahřívání. Tento nárůst teploty palivové směsi je limitujícím faktorem u benzínových motorů, kde příliš vysoká teplota směsi způsobí její samovznícení ve válci ještě předtím, než má být správně zapálena jiskrou. Pro oba typy motorů ale znamená vyšší teplota směsi snížení účinnosti motoru. Tento problém se většinou řeší použitím mezichladiče stlačeného vzduchu, který teplotu opět sníží.

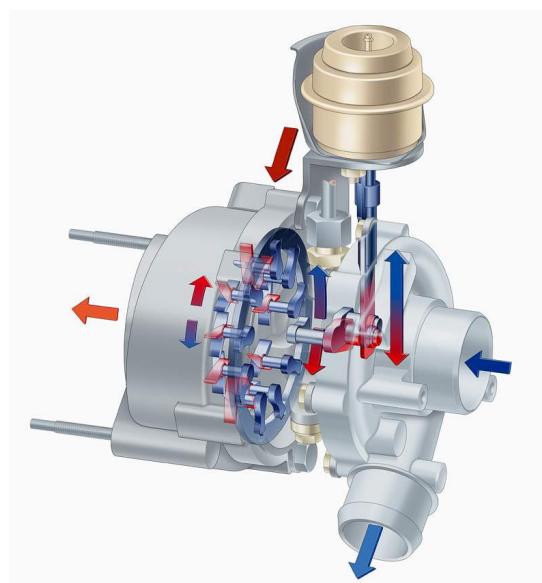
3.1.1.2. Konstrukce

Dmychadlo (obr. 2) se otáčí velmi rychle – 10 000 až 150 000 ot./min. v závislosti na velikosti, váze rotujících částí, nárůstu tlaku a konstrukci turbodmychadla. Tak vysoké otáčky

by představovaly problém pro klasická kuličková ložiska, která by mohla explodovat. Proto se používají fluidní ložiska, ve kterých jsou pohybující se části odděleny a zároveň chlazeny tenkou vrstvou oleje. Olej se většinou bere z mazací soustavy motoru a musí být po průchodu turbodmychadlem chlazen olejovým chladičem. Dokonalejším turbodmychadlem je zařízení s měnitelnou geometrií: Turbodmychadlo s variabilní geometrií lopatek (VTG) (obr. 3), kdy je úhel lopatek rozváděcího kola nastavován podle aktuálního jízdního stavu. Tento proces je řízen vlastní řídicí jednotkou a jeho účelem je dodávat takový plnicí tlak vzduchu, který je optimální pro daný jízdní stav. Lopatky rozváděcího kola turbodmychadla tak mění úhel podle otáček motoru, což zlepšuje průběh točivého momentu zejména při nízkých otáčkách motoru. Variabilní geometrie lopatek turbodmychadla tak výrazně rozšiřuje rozmezí jeho pracovních otáček a díky tomu, může turbodmychadlo pracovat i v širším rozpětí otáček motoru, což se příznivě projevuje zejména při nízkých otáčkách motoru.



Obr. 2



obr. 3

3.1.1.3. Spolehlivost

Dokud je olej protékající turbodmychadlem (obr. 2 – značeny zelenou šipkou ve vertikálním směru) čistý a výfukové plyny nejsou příliš horké, dokáže být turbodmychadlo velice spolehlivé, ale správné zacházení je důležité. Po rychlé jízdě (resp. jízdě na vysoký výkon) se musí motor před vypnutím nechat běžet ještě zhruba 2 minuty na volnoběh a umožnit tak dochlazení turbodmychadla. Pokud se to neudělá a motor se vypne,

olej přestane cirkulovat a zůstane v přehřátém turbodmychadle, kde může dojít k jeho přepálení. Přepálený olej potom může ucpat svůj přívod a způsobit tak poškození turbodmychadla. Turbodieselové motory nejsou k tomuto tak náchylné, protože teplota jejich výfukových plynů je nižší než u benzinových motorů.

3.1.1.4. Prodleva

Prodlevu turbodmychadla (turboefekt) cítí řidič jako prodlevu mezi okamžikem, kdy sešlápně plynový pedál, a okamžikem, kdy pocítí zátaž motoru způsobený turbodmychadlem. To je způsobeno dobou, kterou potřebují plyny ve výfukovém systému k dosažení vyššího tlaku, a také rotační setrvačností turbíny. Mechanicky poháněný kompresor tímto problémem netrpí.

3.1.2. Kompresory s mechanickým pohonem

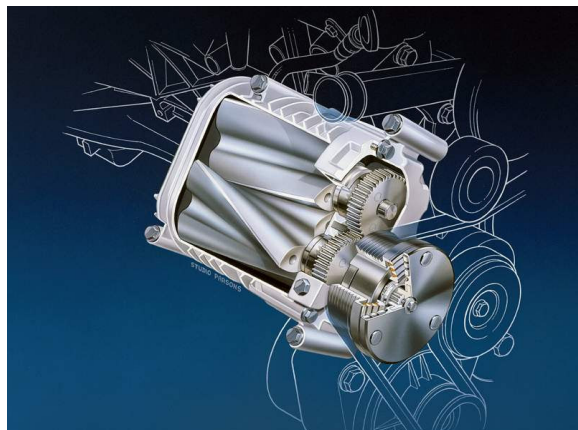
U mechanického přeplňování (obr. 5,6,7,8) spalovacích motorů je dmychadlo poháněno přímo spalovacím motorem. Příkon dmychadla snižuje mechanickou účinnost motoru. Dmychadlo však disponuje jistým stlačením při nízkých otáčkách motoru. Uspořádání mechanického dmychadla na motoru ukazuje obrázek (obr. 4) a je vidět vedení vzduchu u mechanicky přeplňovaného zážehového motoru .



Obr. 4

3.1.2.1. Provedení mechanicky poháněných dmychadel

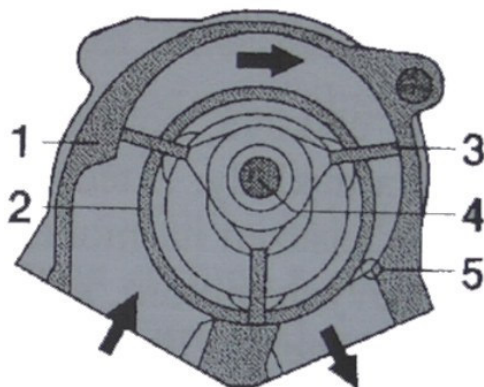
Rootsovo dmychadlo



Obr. 5

Křídlové turbodmychadlo

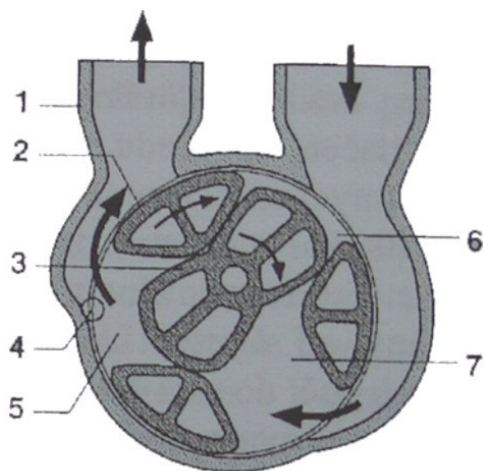
- 1- skříň
- 2- rotor
- 3- křídlo
- 4- svorník
- 5- výstupní hrana



Obr. 6

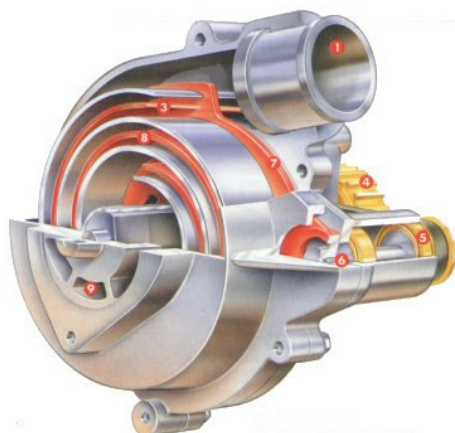
Dmychadlo s otočnými listy

- 1 – skříň
- 2 – vnější rotor
- 3 – vnitřní rotor
- 4 - výstupní hrana
- 5, 6, 7 – komora III, II, I

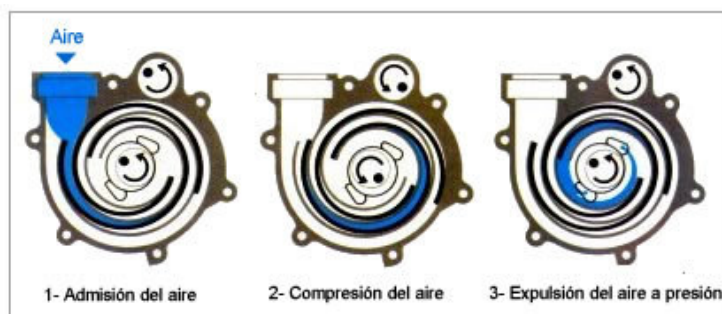


Obr. 7

Spirálové dmyhadlo (tzv. G-dmyhadlo)



Obr. 8



Obr. 9

Píst čerpadla je opatřen spirálovitými žebry a otáčí se v komoře, která má spirálový tvar. Kruhovou dráhu pohybu vyvolává dvojitý klikový hřídel a pohyb je vytvářen rovnoběžníkem této kliky.

Mechanické přeplňování G-dmychadlem má proti ostatním druhům tyto výhody:

- dochází k rychlé změně plnicího tlaku
- zajišťuje vyšší úroveň plnění již od nízkých otáček a v celém jejich rozsahu;
- rotory nejsou ofukovány zplodinami hoření a nedochází tak k tepelnému a erozivnímu opotřebení lopatek
- dmyhadlo má nižší hmotnost.

Jeho nevýhodou je celková, poměrně velmi vysoká výrobní náročnost a náklady. Z těchto důvodů zatím nebyl tento systém nasazen na montáž a do výroby. Byl použit u zážehových motorů, kde bylo dosaženo zvýšení točivého momentu 30 - 50 % při nízkých a středních otáčkách motoru. To je ve srovnání s klasickým atmosférickým motorem potřebné zvýšení zdvihového objemu motoru z 1,8 na 2,5 litrů. G - dmyhadlo je poháněné pomocí plochého ozubeného řemene od motoru. Píst je veden excentrem pomocného hřídele. Ten se otáčí v samostatné skříni synchronně. Excentry hnacího a pomocného hřídele, pístového čerpadla a ozubeného řemene jsou poháněny paralelně. Vzduch je nasáván vstupem na okraji skříně a hranou spirálovité lopatky je vzduchový klín tlačен do středu spirály. Výstup je axiální, středem dmyhadla. Protože pro motor není spotřebováno celkové množství takto stlačeného vzduchu, je v systému zabudována obtoková klapka, která je ovládána od škrtící klapky. Ta odvádí přebytečný vzduch zpět do sací části dmyhadla, aby se zamezilo nadměrnému

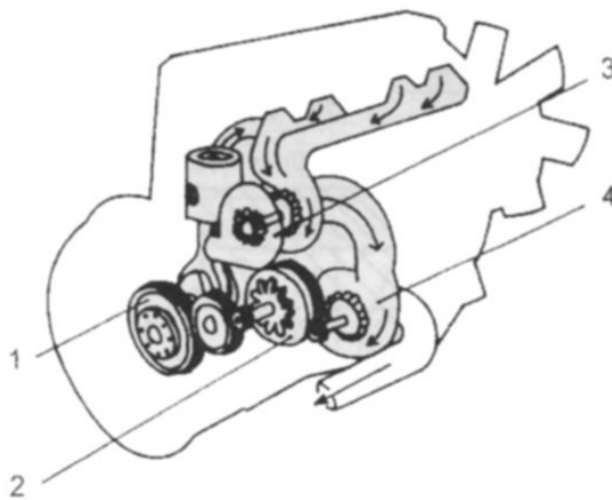
přepřehování motoru v oblasti plného zatížení ve vysokých otáčkách. Zde je použit i regulační ventil, který může nahradit funkci obtokové klapky, která je v oblasti plného zatížení uzavřena. Ventil je v oblasti chodu naprázdno využíván i k regulaci klepání motoru. Na výstupu z dmychadla se v objemovém tlumiči sníží pulzace stlačeného vzduchu a současně se tak snižuje hladina hluku motoru. Zahřátý vzduch je odváděn do chladiče vzduchu, kde dojde k ochlazení až o 50 °C a tak se zvýší hustota vzduchu. Sací potrubí má dvojitou škrtkící klapku, což vede k zamezení nepříjemných reakcí vlivem proměnlivosti zatížení motoru. S prvním stupněm je mechanicky spojeno ovládání obtokové klapky, která se otevírá při částečném zatížení motoru a snižuje tak množství stlačeného vzduchu na vstupu do válce motoru. Plnicí tlak lze u mechanicky poháněných dmychadel řídit obtokem. Část stlačeného vzduchu je vedena do válců a určuje plnění, část proudí obtokem zpět k sací straně. Obtokový ventil je ovládán řídicí jednotkou motoru. Přímým svázáním dmychadla a klikového hřídele je mechanické dmychadlo při zvýšení otáček okamžitě zrychlováno. Z toho vyplývá v porovnání s turbodmychadlem poháněným výfukovými plyny vyšší točivý moment a lepší odezvy v dynamickém provozu. Protože však příkon potřebný k pohonu dmychadla není k dispozici jako efektivní výkon motoru, stojí proti této výhodě v porovnání s turbodmychadlem na výfukové plyny o něco vyšší spotřeba. Tato nevýhoda je zmírněna, pokud může být dmychadlo při nízkém zatížení motoru odpojeno spojkou ovládanou řízením motoru.

3.1.3. Inerční zařízení

3.1.3.1. Koumpoudní přepřehování

Během spalování nafty dochází k vývinu obrovského množství energie ve formě tepla. Přibližně 44 % této energie je využito k pohonu motorového vozidla, zbylých 56 % jsou ztráty, které musí být odvedeny chlazením. Ztráty jsou rozděleny přibližně na: 35 % tepla odvedeného výfukovým systémem, 27 % tepla odvedeného zbytkem chladicí soustavy. Část tepla v chladicí soustavě je využita na vytápění kabiny, ale to je pouze malý podíl. V okamžiku, kdy výfukové plyny opouštějí spalovací prostor, jejich teplota dosahuje 700 °C. Po výstupu z turbodmychadla je tato teplota snížena na přibližně 600 °C. Rozdíl 100 °C znamená, že část tepelné energie je využita pro uvedení turbíny turbodmychadla do

pohybu. Zbývající teplo odchází nevyužito výfukovým potrubím. Tato energie se získává přímo prostřednictvím druhé výfukové turbíny. Její otáčky jsou přes pružný převod vedeny na klikový hřídel, čímž se zvyšuje účinnost motoru. Ta je stejného typu jako v turbodmychadle a je umístěna ve výfukovém potrubí za turbodmychadlem a výfukovou brzdou. Výfukové plyny motoru roztáčejí turbínu turbodmychadla do vysokých otáček, zatímco kompresorová strana dmychadla dodává stlačený vzduch do spalovacího prostoru. Výfukové plyny procházejí výfukovou brzdou a pokračují do výkonové turbíny v turbocompoundu rotující



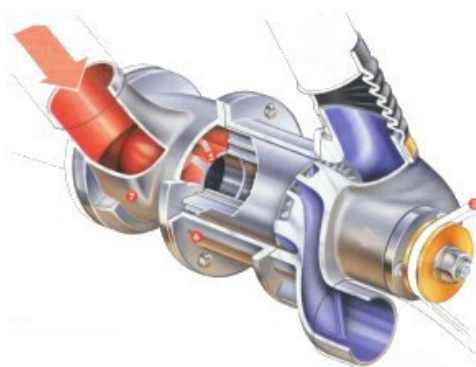
- 1 - setrvačnick
- 2 - kapalinová spojka
- 3 - turbodmychadlo
- 4 - turbína

obr.6

otáčkami přibližně 50000 ot/min při otáčkách motoru 1800 ot/min. Výkon je převáděn prostřednictvím převodu výkonové turbíny do hydrodynamické spojky, která přizpůsobuje obvodové rychlosti mezi klikovým hřídelem a turbinou. Přes hydrodynamickou spojku mezilehlého převodu a převodu klikového hřídele je výkon přenášen na setrvačnick motoru a do převodovky. Teplota výfukových plynů za výkonovou turbínou se pohybuje okolo 500 °C.

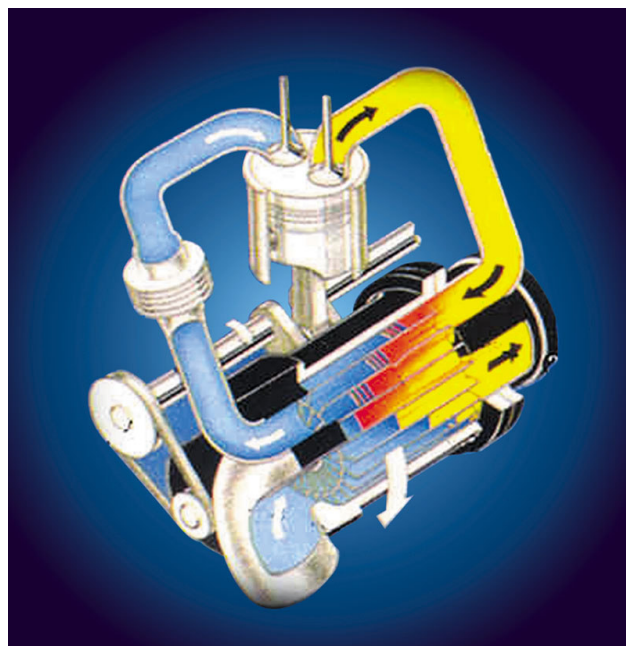
3.1.3.2. Přepřínování tlakovými vlnami

Jiným plnicím zařízením než je turbodmychadlo je tlakový výměník (obr. 10), kde se energie výfukových plynů předává přímo plnicímu vzduchu. Zařízení, které využívá tlakové energie výfukových plynů se nazývá Compresx (Compresion and expansion), protože v něm probíhá jak komprese, tak expanze. Rotor systému Compresx



Obr. 10

je poháněn ozubeným řemenem od klikového hřídele motoru (obr. 11). Výfukové plyny z motoru jsou do rotoru přiváděny potrubím procházejí komorami rotoru, v nichž stlačují vzduch a vytlačují jej do plicního potrubí. Než dojdou výfukové plyny na druhou stranu rotoru , plyny se odrazí od stěny skříně a běží v komorách zpět, přitom nasávají z kanálu čerstvý vzduch do komor, které se zatím otočily dále, a samy vystupují do výfukového kanálu, kde expandují na atmosférický tlak. Tento cyklus proběhne při pootočení rotoru o 180 stupňů a pak se opakuje. Výhody jsou rychlá reakce na změnou zatížení motoru a minimální příkon pro pohon rotoru.

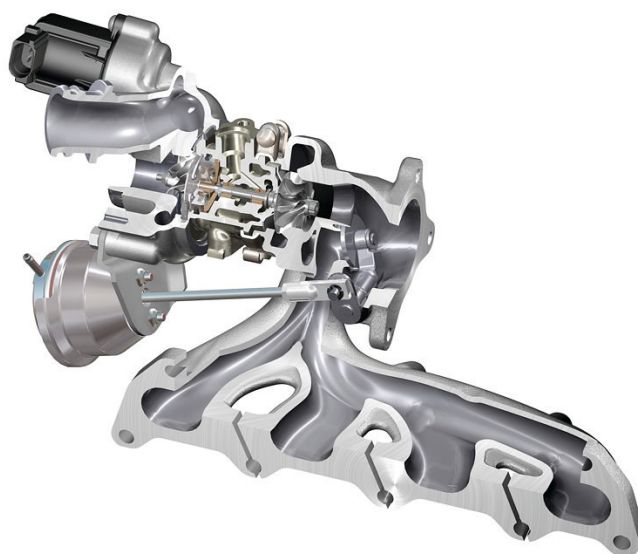


Obr.11

3.2. Regulace a chlazení stlačeného vzduchu

3.2.1. Regulace stlačeného vzduchu

Aby se zabránilo poškození turbodmyhadla a motoru při uzavření škrtící klapky (např. při řazení u manuálních převodovek), kdy vzduch stlačený turbodmyhadlem nemá kam proudit, jsou přepřínované motory vybaveny přepouštěcím ventilem (obr. 12). Při zavření škrtící klapky za ní vznikne podtlak, který se využije k otevření přepouštěcího ventilu. Přebytečný vzduch se tak

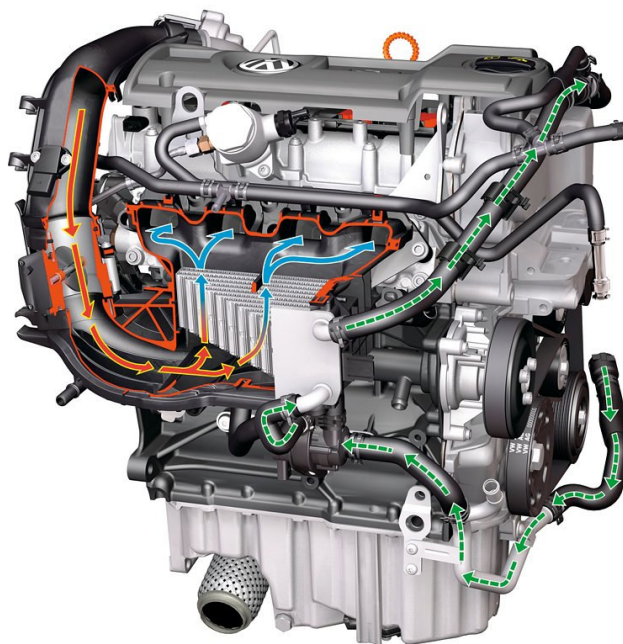


Obr. 12

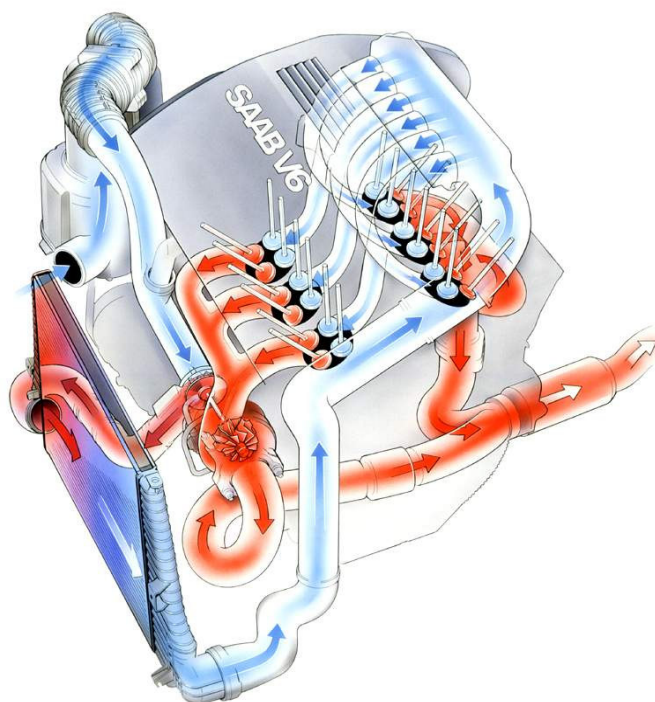
vyfoukne ven z motoru nebo zpět do sání. Při tom vzniká charakteristický zvuk. Pro regulaci otáček turbodmychadla a tím i regulaci tlaku se používá systém, který přepouští nadbytečné výfukové plyny za turbínu turbodmychadla. Ventil je řízen tlakem produkovaným dmychadlem. Pro regulaci plnicího tlaku je používáno ztrátové regulace odpouštěním stlačeného vzduchu pomocí ventilu, nebo výhodnější regulací výfukových plynů při vysokých otáčkách motoru (waste gate). U tohoto řešení se dmychadlo přizpůsobuje tak, že při nízkých otáčkách je tlak zvyšován a regulace brání překročení stanovené hodnoty tlaku vzduchu. Tlak je tak přizpůsoben otáčkám motoru. Zamezí se i překročení dovolených tlaků ve válci motoru. Spaliny jsou odváděny mimo turbínu dmychadla. Ventil je zabudován přímo v tělese a jeho otevírání je závislé na plnicím tlaku ve sběrném potrubí nebo na tlaku ve výfukovém potrubí.

3.2.2. Chlazení stlačeného vzduchu

Přeplňováním se do pracovního prostoru motoru dostává více vzduchu, a tak je možno zvětšit i množství paliva na jeden pracovní oběh. Tím se zvýší točivý moment motoru a jeho výkon. Turbína poháněná výfukovými plyny pohání dmychadlo, které nasává čerstvý vzduch a dopravuje ho s určitým přetlakem do válců motoru. Mezi dmychadlo a motor se obvykle umísťuje chladič stlačeného vzduchu, tzv. mezichladič (intercooler), který snižuje teplotu plnicího vzduchu i víc než 50 °C . Ochlazením stlačeného vzduchu se zvyšuje plnicí účinnost motoru.



- chlazení stlačeného vzduchu pomocí vodního chladiče



- chlazení stlačeného vzduchu pomocí chladiče ochlazovaného nápořem vzduchu

4. Závěr

Tato bakalářská práce je zaměřena na moderní metody zvyšování výkonu pístových spalovacích motorů zejména na dnešní dobu nejvíce používaný způsob, a tím je přeplňování. Jeho jednoznačnou podstatou je dostat co nejvíc vzduchu, a tím pádem i kyslíku, do válce a zabezpečit tak lepší spalování paliva. Zároveň se zvyšujícím tlakem dochází ve válci k přípravě směsi, která je homogennější, a tím i lépe spalovaná.

Každý z daných typů přeplňování má své výhody, ale i nevýhody, a už je na daném výrobci, kterým způsobem míří jak z finančního hlediska, tak z technické náročnosti respektive dosažitelné výkonnostní charakteristiky. Zároveň dochází ke kombinaci jednotlivých typů, jelikož charakteristika přeplňování je docela závislá na otáčkách, a tak je volba kombinace dvou a někdy i tří různých typů přeplňování za účelem dosažení čím větší efektivity.

Těmito úpravami je možné následně zmenšovat objem motoru. Ovšem existuje zde hranice maximálního plnicího tlaku zejména při zážehových motorech, se kterými úspěšně bojuje automobilový výrobce Daimler chrysler (Mercedes - Benz), a testuje první motory spalující benzín samovznícením – tedy bez použití zápalných svíček. Mezi lídři v zmenšování objemu motoru a zvyšování výkonu patří motorová jednotka 1,4 TSI s výkonem 103kW od koncernu VW. Využívá se v ní jak přeplňování kompresorem při nižších otáčkách, tak turbodmychadlem od 2200 ot/min. A staré známe pravidlo, že objem se nedá ničím nahradit, již v dnešní době neplatí.

5. Seznam použité literatury

- [1] Vlk, F.: Vozidlové spalovací motory, Brno 2003
- [2] Vlk, F.: Příslušenství vozidlových motorů, Brno 2002
- [3] www.auto.cz